

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul skripsi : Penghitungan Faktor Bentuk Muatan Inti Dalam Keadaan Dasar Menggunakan  
Program Turbo Pascal *Release* 7.0.

Nama : Eny Rahayu.

NIM : J401 91 0645

Telah diujikan pada ujian sarjana tanggal 12 Juli 1997 dan dinyatakan lulus.



Semarang, Juli 1997

Jurusan Fisika



Tim Penguji

Ketua

Drs Soenarto

NIP. 130 205 450

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Penghitungan Faktor Bentuk Muatan Inti  
Dalam Keadaan Dasar Menggunakan Program  
Turbo-Pascal Release 7.0.

Nama : Eny Rahayu

NIM : J 401 91 0645

Telah layak mengikuti ujian Sarjana pada jurusan Fisika  
F.MIPA UNDIP.



Semarang, 25 Januari 1997

Pembimbing II

Drs. Dwi.P. Sasongko

NIP. 131 672 950

Pembimbing I

Drs. Moh. Dahlan

NIP. 130 219 407

## MOTTO

Jin dan manusia diciptakan untuk menyembah Allah

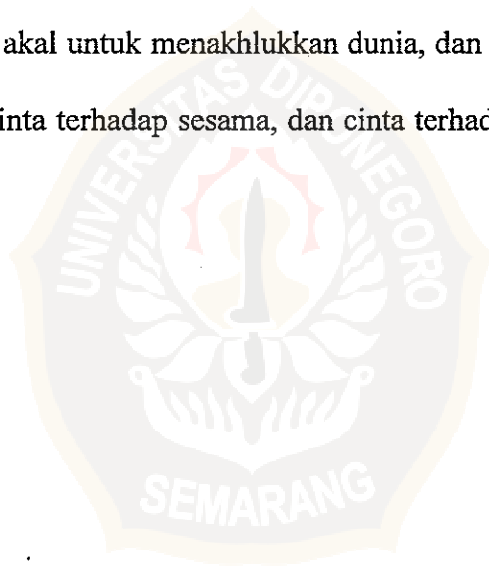
(Adz-Dziriat : 56)

Manusia diciptakan untuk menjadi khalifah di bumi

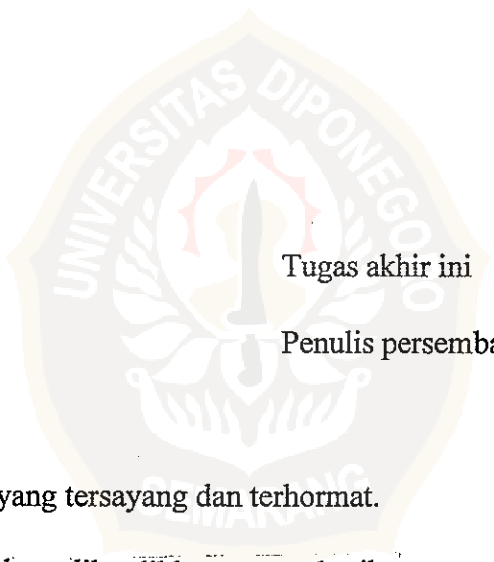
(Al-baqarah : 30)

Manusia diberi bekal akal untuk menakhlukkan dunia, dan diberi bekal cinta kasih untuk menjaganya. Cinta terhadap sesama, dan cinta terhadap makhluk lainnya, di bumi dan di langit.

(Penulis)



## HALAMAN PERSEMBAHAN



Tugas akhir ini

Penulis persembahkan kepada :

1. Ibu dan Bapak yang tersayang dan terhormat.
2. Kakak-kakak dan adik-adikku yang terkasih.
3. Kakakku Dwi Suseno yang tersayang.
4. Almamater.

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan kemurahan-Nya serta petunjuk-Nya, juga atas belas kasihan-Nya, jalan kemudahan-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana S1 pada jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro.

Tugas akhir ini terselesaikan tak lain juga karena adanya bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. M. Dahlan sebagai Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dalam kelancaran penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Drs. Dwi P. Sasongko sebagai Dosen Pembimbing II yang telah membantu mempersiapkan latar belakang teori dan penjabaran formulasi matematik yang dituangkan dalam Lampiran-1 sampai Lampiran-6.
3. Kedua orang tua atas do'anya.
4. Kakakku Ir. Dwi Suseno yang selalu memberikan dorongan dan semangat selama penyelesaian tugas akhir ini.
5. Jatmiko Endro, Budi, Asep, Sarkowi, Lasdi atas pinjaman buku-buku penyusunan program serta bantuannya selama penyusunan program ini.

6. Kusworo, Kisno, Sri Lestari, Agung, serta teman-teman seangkatan yang telah banyak membantu selama penyusunan tugas akhir ini.
7. Teman-teman satu kos serta semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin disebutkan satu per satu di sini.



(Semarang, Mei 1997)

Eny Rahayu

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Persetujuan .....	iii
Motto .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi .....	viii
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Gambar .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xv
Daftar Notasi .....	xvi
Abstract .....	xxi
Intisari .....	xxii

<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	1
1.3. Analisis dan Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penulisan .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3

<b>BAB II DASAR TEORI</b>	<b>5</b>
2.1. Tampang Lintang Hamburan Elektron Inti	5
2.2. Hamburan Elektron Elastik Muatan	5
2.3. Bentuk Eksplisit Persamaan Faktor Bentuk	7
Muatan Inti	
2.4. Beberapa Contoh Grafik	11
Jenis Distribusi Muatan Inti Elastik	
2.5. Tabel jenis Distribusi Muatan Inti Elastik	14
Hasil Eksperimen	
<b>BAB III HASIL</b>	<b>18</b>
3.1. Langkah-langkah Pemrograman	18
3.2. Hasil Penulisan Pemrograman	23
3.3. Hasil Penghitungan	48
3.4. Representasi Grafik Hasil Penghitungan	51
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	<b>54</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>65</b>
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	66



<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel-1 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^4\text{He}_2$ .....	L.7.1
Tabel-2 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^6\text{Li}_3$ .....	L.7.2
Tabel-3 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^9\text{Be}_4$ .....	L.7.3
Tabel-4 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{11}\text{B}_5$ .....	L.7.4
Tabel-5 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{12}\text{C}_6$ .....	L.7.5
Tabel-6 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{14}\text{N}_7$ .....	L.7.6
Tabel-7 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{16}\text{O}_8$ .....	L.7.7
Tabel-8 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{24}\text{Mg}_{12}$ .....	L.7.8
Tabel-9 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{27}\text{Al}_{13}$ .....	L.7.9
Tabel-10 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{28}\text{Si}_{14}$ .....	L.7.10
Tabel-11 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{31}\text{P}_{15}$ .....	L.7.11
Tabel-12 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{40}\text{Ca}_{20}$ .....	L.7.12
Tabel-13 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{42}\text{Ca}_{20}$ .....	L.7.13
Tabel-14 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{51}\text{V}_{23}$ .....	L.7.14
Tabel-15 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{56}\text{Fe}_{26}$ .....	L.7.15
Tabel-16 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{58}\text{Ni}_8$ .....	L.7.16
Tabel-17 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{60}\text{Ni}_{28}$ .....	L.7.17
Tabel-18 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{58}\text{Co}_2$ .....	L.7.18
Tabel-19 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{88}\text{Sr}_{38}$ .....	L.7.19
Tabel-20 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida ${}^{115}\text{In}_4$ .....	L.7.20

Tabel-21 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida $^{116}\text{Sn}_5$ .....	L.7.21
Tabel-22 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida $^{122}\text{Sn}_{51}$ .....	L.7.22
Tabel-23 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida $^{181}\text{Ta}_{73}$ .....	L.7.23
Tabel-24 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida $^{197}\text{Ta}_{79}$ .....	L.7.24
Tabel-25 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida $^{208}\text{Pb}_{82}$ .....	L.7.25
Tabel-26 : Hasil Penghitungan Untuk Nuklida $^{209}\text{Bi}_{83}$ .....	L.7.26



## DAFTAR GAMBAR

Gambar-1	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^4\text{He}_2$	.....	L.8.1
Gambar-2	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^6\text{Li}_3$	.....	L.8.2
Gambar-3	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^9\text{Be}_4$	.....	L.8.3.
Gambar-4	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{11}\text{B}_5$	.....	L.8.4
Gambar-5	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{12}\text{C}_6$	.....	L.8.5
Gambar-6	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{14}\text{N}_7$	.....	L.8.6
Gambar-7	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{16}\text{O}_8$	.....	L.8.7
Gambar-8	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{24}\text{Mg}_{12}$	.....	L.8.8
Gambar-9	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{27}\text{Al}_{13}$	.....	L.8.9
Gambar-10	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{28}\text{Si}_{14}$	.....	L.8.10
Gambar-11	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{31}\text{P}_{15}$	.....	L.8.11
Gambar-12	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{40}\text{Ca}_{20}$	.....	L.8.12
Gambar-13	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{42}\text{Ca}_{20}$	.....	L.8.13
Gambar-14	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{51}\text{V}_{23}$	.....	L.8.14
Gambar-15	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{56}\text{Fe}_{26}$	.....	L.8.15
Gambar-16	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{58}\text{Ni}_8$	.....	L.8.16
Gambar-17	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{60}\text{Ni}_{28}$	.....	L.8.17
Gambar-18	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{58}\text{Co}_{27}$	.....	L.8.18
Gambar-19	: Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida ${}^{88}\text{Sr}_{38}$	.....	L.8.19

Gambar-19 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{115}\text{In}_{49}$ .....	L.8.20
Gambar-21 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{116}\text{Sn}_{50}$ .....	L.8.21
Gambar-22 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{22}\text{Sb}_{51}$ .....	L.8.22
Gambar-23 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{181}\text{Ta}_{73}$ .....	L.8.23
Gambar-24 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{197}\text{Ta}_{79}$ .....	L.8.24
Gambar-25 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{208}\text{Pb}_{82}$ .....	L.8.25
Gambar-26 : Grafik $ F_0(q) $ Untuk Nuklida $^{209}\text{Bi}_{83}$ .....	L.8.26



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran-1	: Penurunan Tampang Lintang .....	L.1.1
	Hamburan Elektron Inti	
Lampiran-2	: Penjabaran Bentuk Eksplisit .....	L.2.1
	Persamaan Faktor Bentuk Muatan Inti	
Lampiran-3	: Penurunan Faktor Bentuk Elastik .....	L.3.1
	Keadaan Dasar	
Lampiran-4	: Faktor Bentuk Lepton .....	L.4.1
Lampiran-5	: Perkalian Faktor Bentuk Lepton dan Hadron .....	L.5.1
Lampiran-6	: Faktor Bentuk Inti Transversal dan Longitudinal .....	L.6.1
Lampiran-7	: Hasil Penghitungan .....	L.7.1
Lampiran-8	: Representasi Grafik Hasil Penghitungan .....	L.8.1

## DAFTAR NOTASI YANG DIGUNAKAN

1. Notasi Dirac

$$\begin{aligned} \langle a| &: \text{Bra} \\ |a\rangle &: \text{Ket} \end{aligned}$$

2.  $\delta_{mn}$ : Delta Kronecker

$$= 1 \text{ bila } m = n.$$

$$= 0 \text{ bila } m \neq n.$$

3. Koefisien-koefisien kopling momentum sudut

$$\langle JM | T_{kq} | J' M' \rangle : \text{Elemen matrik operator } T_{kq}.$$

$$\langle J || T_{kq} || J' \rangle : \text{Elemen matrik reduksi } T_{kq}.$$

$$\begin{matrix} J & k & J' \\ -M_q & q & M_q \end{matrix} : \text{Simbol-3j.}$$

4.  $J$  : Spin (operator momentum sudut total)

5.  $Y_{lm}(\theta, \varphi)$  : Fungsi harmonik bola.

6.  $\psi_{JM}(\vec{r})$  : Tensor bola momentum sudut  $J$

7.  $D_{MM'}^J$  : Matrik-matrik rotasi

8. Momentum empat inti :

$$P_\mu : \text{Momentum empat inti awal.}$$

$$P_\mu : \text{Momentum empat inti akhir.}$$

9. Energi :

$K_{\mu}$  : Energi inti awal.

$K_{\mu}'$  : Energi inti akhir.

$\epsilon$  : Energi partikel tunggal (elektron).

$E$  : Energi inti sasaran awal.

$E'$  : Energi inti sasaran akhir.

$K_f$  : Energi Fermi

$\epsilon$  : Energi ikat inti

$\omega$  : Rerugi energi

10. Satuan Energi :

eV : elektron volt.

GeV : giga elektron volt ( $10^9$  eV)

MeV : mega elektron volt ( $10^6$  eV)

11. State-state inti sasaran

$|i\rangle = |J_i M_i\rangle$  : State inti sasaran awal.

$|f\rangle = |J_f M_f\rangle$  : State inti sasaran akhir.

12.  $\hat{J}_{\mu}(x)$  : Operator rapat arus inti elektromagnet pada ruang dan waktu.

13.  $A_{\mu}^{ext}$  : Potensial elektromagnet vektor-empat di titik koordinat ruang dan

waktu  $x_{\mu}(\vec{x}, it)$ .



14.  $\hat{H}_i(x)$  : Operator hamilton interaksi gayut waktu elektron-inti.
15.  $\gamma_\mu$  : Matrik Dirac.
16.  $\hat{S}$  : Operator hamburan order terendah.
17.  $\hat{a}_{k,\lambda}, \hat{b}_{k,\lambda}$  : Operator pelenyap dan pencipta.
18.  $\frac{|S|^2}{T}$  : Kebolehjadian transisi per satuan waktu.
19.  $(1/V)(|k|/\epsilon)$  : Fluks elektron datang.
20.  $d^2\sigma$  : Tampang lintang hamburan.
21.  $\left( \frac{d^2\sigma}{d\epsilon d\Omega} \right)_p$  : Hamburan tak terpolarisasi.
22.  $\Omega$  : Faktor normalisasi volume.
23.  $\eta_{\mu\nu}$  : Faktor bentuk lepton.
24.  $W_{\mu\nu}$  : Faktro bentuk hadron.
25.  $\theta$  : Sudut hamburan.
26.  $\sigma_M$  : Tampang lintang hamburan Mott.
27.  $\hat{M}_{JM}^{coul}$  : Operator multipol Coulomb.
28. operato satuan dalam basis : x
  - $\hat{e}_y$  : Operator satuan dalam basis searah sumbu y
  - $\hat{e}_x$  : Operator satuan dalam basis searah sumbu
  - $\hat{e}_z$  : Operator satuan dalam basis searah sumbu z
29.  $\hat{T}_{JM}^{mog}(q)$  : Operator multipol transversal magnetik.

30.  $\hat{T}_{JM}^{el}(q)$  : Operator multipol transversal listrik.
31.  $D_{M\lambda}^J(-\varphi_q, \theta_q, \varphi_q)$  : Matrik rotasi yang dikenakan pada sudut-sudut Euler.
32.  $V_L(\theta)$  : Vektor kinetika longitudinal.
33.  $V_T(\theta)$  : Vektor kinetika transversal.
34.  $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)$  : Tampang lintang dalam suku multipol.
35.  $|F_0(q)|$  : Faktor bentuk elastik  $F_0(q)$
36.  $\hat{\Pi}$  : Operator paritas.
- $\hat{\Pi}Y_{JM}(\theta, \varphi)\hat{\Pi}^{-1}$  : Persamaan paritas harmonik bola.
- $\hat{\Pi}\hat{M}_{JM}^{coul}(\theta, \varphi)\hat{\Pi}^{-1}$  : Persamaan paritas operator multipol Coulomb.
37.  $\rho(r)$  : Distribusi muatan inti pada keadaan dasar menurut Fermi.
38.  $N$  : Jumlah neutron.
39.  $A$  : Nomor massa.
40.  $Z$  : Nomor atom.
41.  $\hat{J}_N(\vec{x})$  : Operator rapat arus konveksi.
42.  $\hat{\mu}_N(\vec{x})$  : Operator rapat magnetik.
43.  $\mu_N$  : Magneton nuklir.
44.  $\hat{J}(\vec{x})$  : Operator rapat arus total.
45.  $\hat{L}_N(\vec{x})$  : Operator rapat arus momentum sudut.

46.  $\langle J_0 J_0 | \hat{\mu} | J_0 J_0 \rangle$  : Nilai harao operator  $\hat{\mu}_N(\vec{x})$  dalam state  $M = J_0$ .
47.  $\bar{\mu}_J$  : Momen magntik J.
48.  $\hat{r}$  : Operator tensor rank-1.
49.  $\vec{r}$  : Vektor posisi yang diukur dari pusat massa.
50.  $|\langle 1^{-1} || \hat{M}_1^{coul}(q) || 0^{-} \rangle|^2$  : Kuadrat matrik elemen transisi dua kutub  
Coulomb.
51.  $|\langle 1 || \hat{T}_1^{el}(q) || 0^{-} \rangle$  : Eksitasi pertama dua kutub elektron
52.  $|\langle 1^{-1} || \hat{T}_1^{el}(q) || 0^{-} \rangle|^2$  : Kuadrat matrik elemen transisi dua kutub elektron.
53.  $\frac{d\sigma}{d\Omega}(1^{-1} \leftarrow 0)$  : Tampamg lintang transisi dua kutub longitudinal  
dan transversal.
54.  $M^*$  : Massa inti tereduksi.
55. fm : fermi (1 fermi =  $10^{-15}$  m)